

MODELING THE DYNAMICS OF NUMBER OF SCIENTISTS IN THE WORLD IN THE PAST AND THE FUTURE

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛА УЧЕНЫХ В МИРЕ В ПРОШЛОМ И БУДУЩЕМ

Author 1 Prichina Olga, Doctor of Economic Sciences

Причина Ольга, доктор экономических наук, профессор

Russian State Social University, Russia

Российский государственный социальный университет, Россия

E-mail: olgaprichina@mail.ru

Адрес электронной почты: olgaprichina@mail.ru

Author 2 Orekhov Viktor, Candidate of Technical Sciences

Орехов Виктор, кандидат технических наук

International Institute of Management LINK, Russia

Международный институт менеджмента ЛИНК, Россия

E-mail: vorehov@yandex.ru

Адрес электронной почты: vorehov@yandex.ru

Author 3 Elena Shchennikova, Candidate of Economic Sciences

Елена Щенникова, кандидат экономических наук

International Institute of Management LINK, Russia

Международный институт менеджмента ЛИНК, Россия

E-mail: prorector@ou-link.ru

Адрес электронной почты: prorector@ou-link.ru

ABSTRACT

The aim of this work is the simulation substructuring link economic growth with changes in the number of scientists in the world in the past and the future on the basis of empirical studies of its determinants.

The methodology used for the study of the relationship of the sources of economic growth and the number of scientists, both in quantitative and in qualitative terms.

As a result of execution of work the evolutionary dependence of the growth in the number of scientists in the world in the path of sustainable development of the knowledge economy. The analysis of empirical data showed that the relationship among the scientists with the knowledge of humanity prior to the demographic transition is expressed by a quadratic hyperbolic dependence in time $NS = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2$. Defined time periods of application of logistic and other

types of dependency to approximate the number of scientists in the world that allows to predict the prospects for development of the knowledge economy for the period up to 2080.

The scope of the received results – forecasting economic growth and the development of science.

The novelty of this work lies in the fact that the revised prevailing view that the number of scientists in the world in the past increased according to the exponent and revealed that the transition to the knowledge economy, their number mainly depends on the size of GDP.

The main conclusion from the work is that built using different mathematical models in macro evolution (before and after the demographic transition) dependence allows to predict the increase in the number of scientists in correlation with economic growth.

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является моделирование слабоструктурированной связи экономического роста с изменением числа ученых в мире в прошлом и будущем на основе эмпирического исследования ее детерминант.

Используется методика исследования взаимосвязи источников экономического роста и числа ученых, как в количественном, так и в качественном выражении.

В результате выполнения работы получена эволюционная зависимость роста числа ученых в мире в траектории устойчивого развития экономики знания. Анализ эмпирической базы показал, что связь числа ученых с объемом знаний человечества до демографического перехода выражается квадратичной гиперболической зависимостью во времени $N_S = 16 \cdot 10^9 / (2050 - T)^2$. Определены временные периоды применения логистической и других видов зависимостей для аппроксимации числа ученых в мире, что позволяет прогнозировать перспективы развития экономики знания на период до 2080 г.

Область применения полученных результатов – прогнозирование темпов экономического роста и развития науки.

Новизна данной работы заключается в том, что пересмотрено сложившееся представление о том, что число ученых в мире в прошлом росло согласно экспоненте и выявлено, что с переходом к экономике знаний их число, в основном, зависит от величины ВВП.

Основной вывод из работы заключается в том, что построенная с использованием различных математических моделей на макроуровне эволюционная (до и после демографического перехода) зависимость позволяет прогнозировать рост числа ученых во взаимосвязи с экономическим ростом.

Keywords: Forecasting, number of scientists, knowledge economy, human capital, knowledge of humanity, R&D specialists, future.

Ключевые слова: прогнозирование, число ученых, экономика знаний, человеческий капитал, знания человечества, R&D специалисты, будущее.

Современный мир движется к «Экономике знания» и роль интеллектуальной деятельности быстро возрастает. Одним из показателей этих изменений является то, что к началу XXI века в большинстве стран мира доля человеческого капитала (ЧК) в составе национального богатства достигла 80% и продолжает расти^{1 2} (рис. 1).

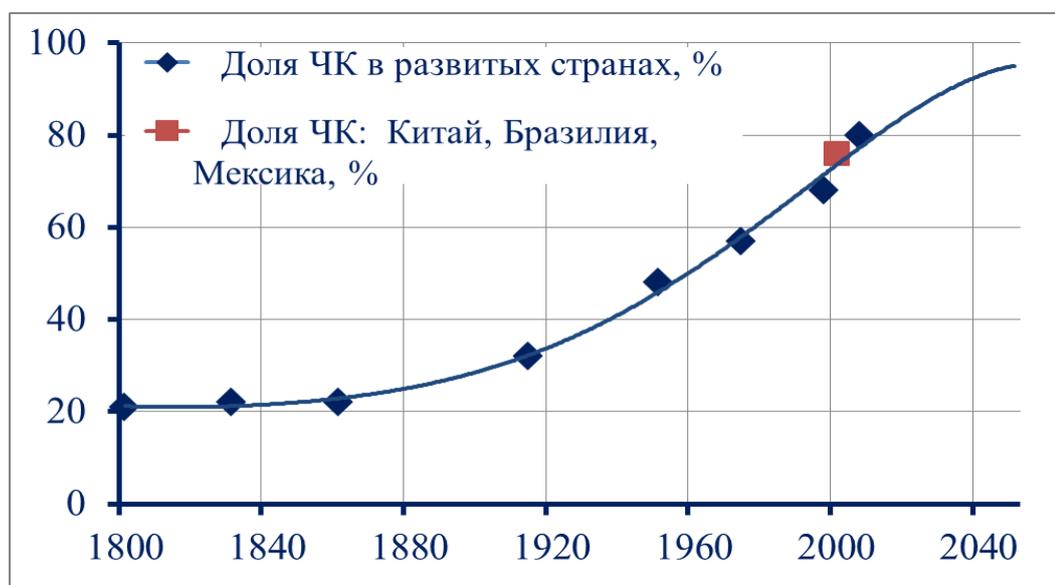


Рис. 1. Доля ЧК в национальном богатстве стран

С чем же это связано? Во-первых, за последние полвека число студентов высшего образования выросло в мире в **10 раз**^{3 4 5 6}, причем этот рост опережает рост ВВП примерно в два раза^{7 8}. Однако в ведущих экономиках мира доля работающих, имеющих высшее образование уже

¹ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. – Новосибирск, 2013.

² Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации?: Моногр. – Воронеж, 2005.

³ Численность студентов в разных странах мира. – Федеральный портал Proton.ru.

<http://www.protown.ru/information/hide/3542.html>

⁴ Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. – 2000.

<http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>

⁵ Цит. по: Сегодня в мире 153 миллиона студентов. – Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009.

<http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>

⁶ Education at a Glance 2013: OECD Indicators.

[http://www.oecd.org/edu/eag2013%20\(eng\)--FINAL%2020%20June%202013.pdf](http://www.oecd.org/edu/eag2013%20(eng)--FINAL%2020%20June%202013.pdf)

⁷ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD.GCDC, 2010.

⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.

достигла порядка 30% и ресурс роста интеллектуального и человеческого капитала за счет высшего образования уже приближается к грани исчерпания^{9 10 11 12 13}.

Другим важным и более значительным по объему ресурсом для повышения удельного человеческого капитала стран является рост числа ученых. Именно этот ресурс определяет рост явного знания в мире, прямо влияющего на рост мирового валового продукта на душу населения¹⁴ и поддержание его в активном состоянии.

Интересной является зависимость роста числа ученых со временем и с целью понимания того, каким закономерностям подчиняется развитие цивилизации с точки зрения знания.

1. Известные данные о числе ученых

Рассмотрим, как изменялось число ученых в разные эпохи развития человечества. Согласно СЭС¹⁵, в XVII веке число ученых начинает удваиваться каждые 10–15 лет. Данные о числе ученых в мире приведены в табл. 1 и на рис. 2, на котором также дан график экспоненты с десятикратным темпом роста за 50 лет (удвоение примерно за 15 лет).

$$N_S = 10^{(T-1650)/50}. \quad (1)$$

Таблица 1. Численность ученых в мире

Время	Ученых, тыс.	Время, год	Ученых, тыс.
На рубеже XVIII—XIX веков ¹⁶	~ 1	1975 ¹⁷	4 900
В середине XIX века	10	2002	5 800
В 1900 году	100	2007	7 100

⁹ Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. P. 1.

¹⁰ Hall R. E., Jones C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?; Caselli F. Accounting for Cross-Country Income Differences // CEP Discussion Paper. 2005. № 667.

¹¹ Shultz T. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. — N.Y., 1968, vol. 6.

¹² Badinger, H., Tondl, G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper Nr. 42, January 2002, P. 15.

¹³ Orekhov V. New approach to assessing contribution of science and education to welfare of countries. Educational Researcher, 2016, Vol 45, No 9, “American Educational Research Association”. – Pages 625-635.

¹⁴ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.

¹⁵ Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.

¹⁶ Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>

¹⁷ СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.

Видно, что представленная в табл. 1 информация о числе ученых достаточно хорошо аппроксимируется экспонентой до 1970 года. Но эта зависимость означает, что ко времени учреждения академии наук Франции в 1666 году в мире было всего два ученых. Столь малое число ученых в прошлом также не согласуется с существованием античной науки и ученых эпохи Возрождения. Видимо, данное несогласование заключается в том, кого считать учеными. Если принять, что ученые – это те люди, которые занимаются исследованиями и разработками (НИОКР или R&D), т.е. созданием знаний и разработкой на их основе новых изделий и технологий, то их количество должно логичным образом соотноситься с объемом знаний человечества и сложностью создаваемых изделий.

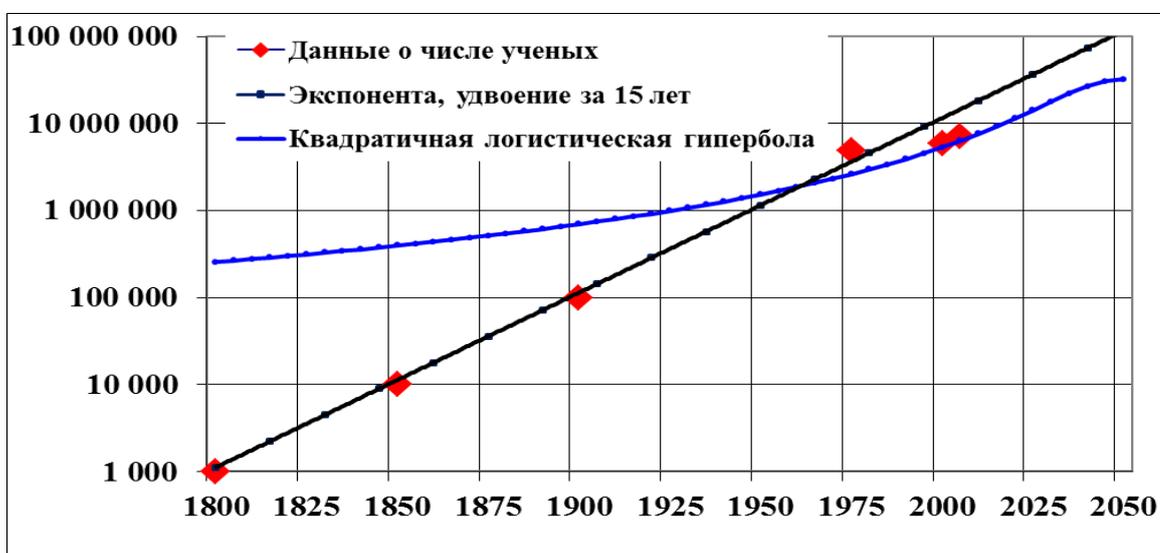


Рис. 2. Модели численности ученых в мире

2. Связь роста числа ученых и объема знания людей

По мнению С.П. Капицы развитие человечества «определяется механизмом размножения и распространения обобщенной информации в масштабах человечества»¹⁸. В данной работе мы будем исходить из гипотезы, что наиболее фундаментальным фактором, влияющим на рост и развитие человечества, является объем накопленных знаний, прежде всего явных.

Поскольку создателями и носителями знаний являются люди, то видимо существует зависимость объема знаний от количества людей в мире, число которых до 1960 года (начало демографического перехода) выражается гиперболой (2)¹⁹:

¹⁸ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 49.

¹⁹ Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

$$N = C/(T_1 - T) \quad (2)$$

В формуле (2) T – время, измеряемое в годах, $C \approx 180$ млрд – постоянная с размерностью [чел.·лет], а $T_1 \approx 2025$ год – дата сингулярности.

Поскольку примерно до 1960 года большая часть кодифицированной информации хранилась на бумажных носителях, естественно, что и объем знаний в этот период связан с объемом изданных книг. Для определения объема мировых знаний в качестве опорных точек можно использовать данные об объеме книг, брошюр и газет в Библиотеке Конгресса США, который в 1960 году составил порядка 14,5 млн книг и брошюр, в 2000 году – 30 млн, а в 2012 году – 35,8^{20, 21, 22}. Хотя в Библиотеке Конгресса хранятся не все знания мира, но она является крупнейшей хранилищем в мире в настоящее время. Кроме того, в ней имеются дубликаты. Поэтому, с некоторым приближением, можно принять объем хранения в ней за все знание человечества.

Для того, чтобы подчеркнуть отличие знания от информации для измерения объема знания будем использовать понятие «условная книга» - у.к., которая равна по объему книге, которая при оцифровании будет иметь объем 1 Мбайт. В этих единицах объем хранения в Библиотеке Конгресса составит: в 2000 г. – 18 млн. у.к., в 1960 г – в два раза меньше или 9 млн. у.к., а в 2012 г. – 21,5 млн. у.к.

В качестве четвертой опорной точки выберем Александрийскую библиотеку, которая была создана примерно в 300 году д.н.э. и имела в своих хранилищах от 100 000 до 700 000 свитков²³. Будем считать, что размер этих свитков по порядку величины примерно равен одной пятой условной книги. Хотя Александрийская библиотека и не содержала знание всего человечества, но она была близка к нему, поэтому примем объем знаний, хранящихся в этой библиотеке, за все знания мира на то время – 80 тыс. у.к.

В качестве последней точки выберем время в начале зарождения человечества – примерно 1,6 млн. лет назад, когда число людей составляло $N_0 \sim 100$ тыс.²⁴. За объем знаний человечества в это время можно принять

²⁰ Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – №7.

²¹ Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

²² General Information – About the Library (Library of Congress). 2012. <http://www.loc.gov/about/general-information>

²³ Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.

²⁴ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 79.

объем нейронной памяти одного индивидуума, степень развития которого превосходит шимпанзе, но меньше, чем современного человека, ~ 20 у.к.²⁵. Полученные оценки объема знаний и их связь с ростом численности человечества даны в таблице 2. Как видно из этой таблицы объем знаний (Z) в расчете на одного человека меняется по времени относительно медленно.

Таблица 2. Объем знаний человечества

№	Источник	Год от начала н.э.	Насел. Земли, млн.	Объем знаний, тыс. у.к.	Знаний у.к. на тыс. чел.
1.	Библиотека конгресса	2012	7 000	21 500	3,07
2.	Библиотека конгресса	2000	6 000	18 000	3,00
3.	Библиотека конгресса	1960	3 077	9 000	2,92
4.	Александрийская библиотека	-300	86	80	0,93
5.	Возникновение человека	-1 600	0,1	0,02	0,20

Таким образом, основным параметром, влияющим на объем знания человечества - Z , является число людей $Z \sim N$. Соответственно для аппроксимации мирового объема знаний можно использовать формулу типа гиперболы²⁶:

$$Z \approx 1,5 \cdot 10^9 / (T_1 - T)^{1,25} \quad (3)$$

Формула (4) верна в период гиперболического роста человечества (до 1960 года). Используя формулу (2) можно получить выражение для объема знаний, корректное и в период демографического перехода²⁷:

$$Z \approx Z_0 \cdot (N/N_0)^{1,25} = 20 \cdot (N/N_0)^{1,25} \quad (4)$$

Выведенные формулы для объема знаний человечества (3), (4) являются оценками по порядку величины, однако из них видно, что объем знаний зависит, в основном, от числа людей и соответственно от времени в период гиперболического роста. Кроме того, есть и показатель, связывающий рост объема знаний с совершенствованием человеческого мозга, поскольку из формул (3), (4) видно, что объем знаний растет не пропорционально числу людей, а быстрее – в степени 1,25.

²⁵ Анисимов В.А. О законе возрастания сложности. www.yugzone.ru/articles/438, 2006.

²⁶ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.

²⁷ Там же

Поскольку основным фактором, определяющим объем знаний, является число людей, а периоды между технологическими революциями в последнее время составляет 20–30 лет, то следует также учесть в формулах (3, 4) задержку на время взросления людей до работоспособного возраста. В первом приближении это можно сделать, используя в формулах (3, 4) значение числа людей на 25 лет ранее - $N(T-25)$ и, соответственно, увеличив примерно в 1,5 раза числовой коэффициент. При этом они приобретают следующий вид, где $T_2 = 2050$ год:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (T_2 - T)^{1,25} \quad (5)$$

$$Z \approx 30 \cdot (N(T-25)/N_0)^{1,25} \quad (6)$$

Сравнение аппроксимационных формул (3) и (5) для объема знания, а также опорных точек из таблицы 2 за последнее столетие дано на рис. 3. Видно, что формула (5) значительно лучше аппроксимирует опорные точки, чем формула (3) в начале демографического перехода.

Если предположить, что существует однозначная связь между созданием нового знания и числом ученых и разработчиков, то можно оценить их число N_s . Годовой прирост знания ΔZ можно оценить, продифференцировав уравнение (3):

$$dZ(T)/dT = K/(T_2 - T)^{2,25}. \quad (7)$$

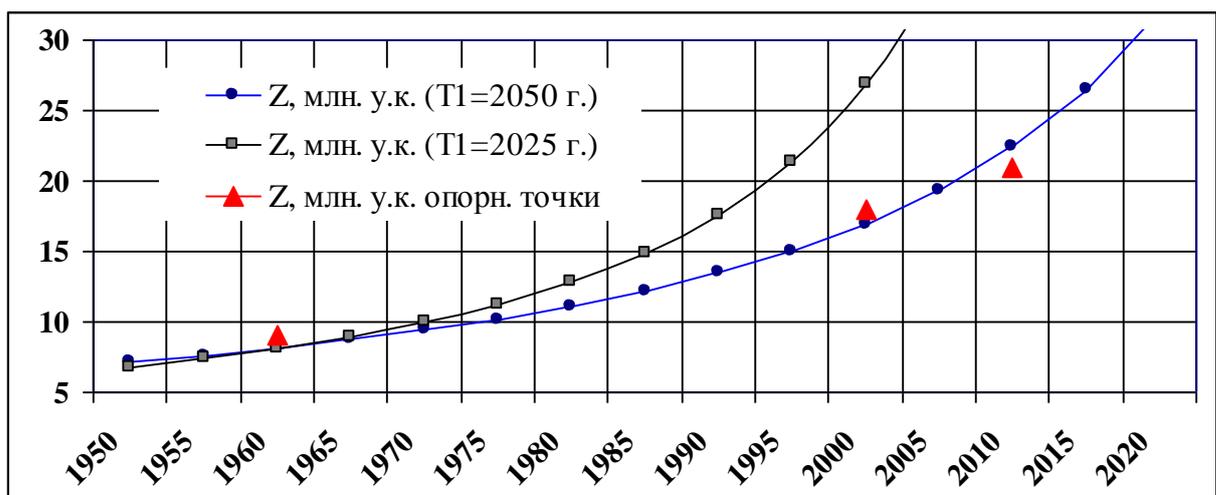


Рис 3. Сравнение аппроксимационных формул (3) и (5)

Как было отмечено выше производительность создания знаний возрастает более быстро, чем число людей (2) пропорционально гиперболе в

степени 0,25, следовательно при определении числа ученых необходимо скорректировать формулу (7) на рост производительности труда и мы получим выражение для роста числа R&D работников во времени:

$$N_S = A/(T_2 - T)^2, \quad (8)$$

где $A = 16 \cdot 10^9$ ²⁸. Согласно данной зависимости в период Возрождения в мире было 60 тысяч специалистов в сфере R&D, в Античности – около 3000, во времена древнего Египта – более 600, в мегалитическую эпоху ~ 100, а первый R&D специалист появился примерно 120 тыс. лет назад. Такая численность R&D специалистов представляется лучше соответствующей сложности создаваемых в исторические времена изделий и сооружений, чем согласно экспоненте.

3. Прогнозирование числа ученых после 1960 года

Для того чтобы пролонгировать данную зависимость на срок после 1960 года воспользуемся тем же подходом, каким можно преобразовать экспоненциальную зависимость в логистическую. Дифференцируя уравнение (8) получим, что

$$dN_S/dT = -2 A/(T_2 - T)^3 = -2N_S/(T_2 - T) \quad (9)$$

Отсюда получим дифференциальное уравнение для числа ученых (10) в период гиперболического роста числа людей.

$$(1/N_S) dN_S = -2dT/(T_2 - T) \quad (10)$$

Для того чтобы устранить бесконечный рост гиперболы (8) и привести это уравнение к типу, аналогичному логистическому (применительно к гиперболе), необходимо добавить ограничивающий фактор типа $(N_S/N_{max} - 1)$ в правой части уравнения (10) и мы получим уравнение (11):

$$(1/N_S) dN_S = -2(1 - N_S/N_{max})dT/(T_2 - T) \quad (11)$$

Это уравнение можно преобразовать к виду (12), где $X = N_S/N_{max}$:

$$(1/X) dX + (1/(1 - X)) dX = -2dT/(T_2 - T) \quad (12)$$

Проинтегрируем уравнение (12) и приведем его к виду (13):

$$N_S = N_{max}/(1 + (N_{max}/A) \cdot (T_2 - T)^2). \quad (13)$$

²⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.

При $T \rightarrow -\infty$ величина $N_S \rightarrow A/(T_2 - T)^2 \rightarrow 0$, что соответствует данным таблицы 1, а при $T \rightarrow T_2 = 2050$ величина $N_S \rightarrow N_{\max}$, то есть является ограниченной, как у логистической кривой.

Для того чтобы теоретическая кривая хорошо согласовалась с данными о числе ученых в настоящее время постоянные коэффициенты в уравнении (3) должны иметь примерно следующие значения $N_{\max} = 32 \cdot 10^6$, $A = 16 \cdot 10^9$. Соответствующая кривая представлена на рис. 2 (будем называть ее в этой работе «квадратичная логистическая гипербола»). В отличие от уравнения (8), кривая (13) не стремится к бесконечности и не превышает $N_{\max} = 32 \cdot 10^6$. Недостатком кривой (3) является то, что в 2050 году она достигает максимума и далее уменьшается, что вряд ли правильно отражает рост числа ученых в будущем.

4. Другие варианты прогнозирования числа ученых

Рассмотрим другие возможности прогнозирования роста числа ученых в будущем. На рис. 4 представлены графики роста числа R&D специалистов согласно квадратичной логистической гиперболе (13) и логистической зависимости (14)²⁹ ($T_0 = 1900$ г., $N_0 = 0,1$ млн, $N_{\max} = 32$ млн, $C = 24$ лет), которая является решением дифференциального уравнения (15).

$$N(T) = N_0 \exp(T/C) / (1 + (N_0/N_{\max}) (\exp(T/C) - 1)) \quad (14)$$

$$dN/dT = (N/C) (1 - N/N_{\max}) \quad (15)$$

Там же представлен прогноз числа R&D специалистов согласно работе³⁰ (треугольные точки), в которой учитывают сложившиеся тенденции роста их числа в крупнейших экономиках мира до 2100 года. Согласно данному прогнозу число R&D специалистов приблизительно выражается зависимостью

$$N_S = 3,7 + 0,09 (T - 1980) + 0,001(T - 1980)^2 \quad (16)$$

Видно, что логистическая кривая (начальная экспонента которой удваивается за $C \ln 2 = 24 \ln 2 \approx 17$ лет) проходит наиболее близко к современным данным о числе R&D специалистов и к прогнозным значениям. Логистическая квадратичная гипербола (13) после 2015 года растет значительно быстрее, чем по прогнозу (16).

²⁹ Логистическое уравнение. Википедия. 2016. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

³⁰ Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.

Ориентироваться на точку, соответствующую 1975 году, не следует, прежде всего, потому, что она соответствует времени существования СССР и СЭВ, а в этих странах число ученых после 1990 года резко упало.

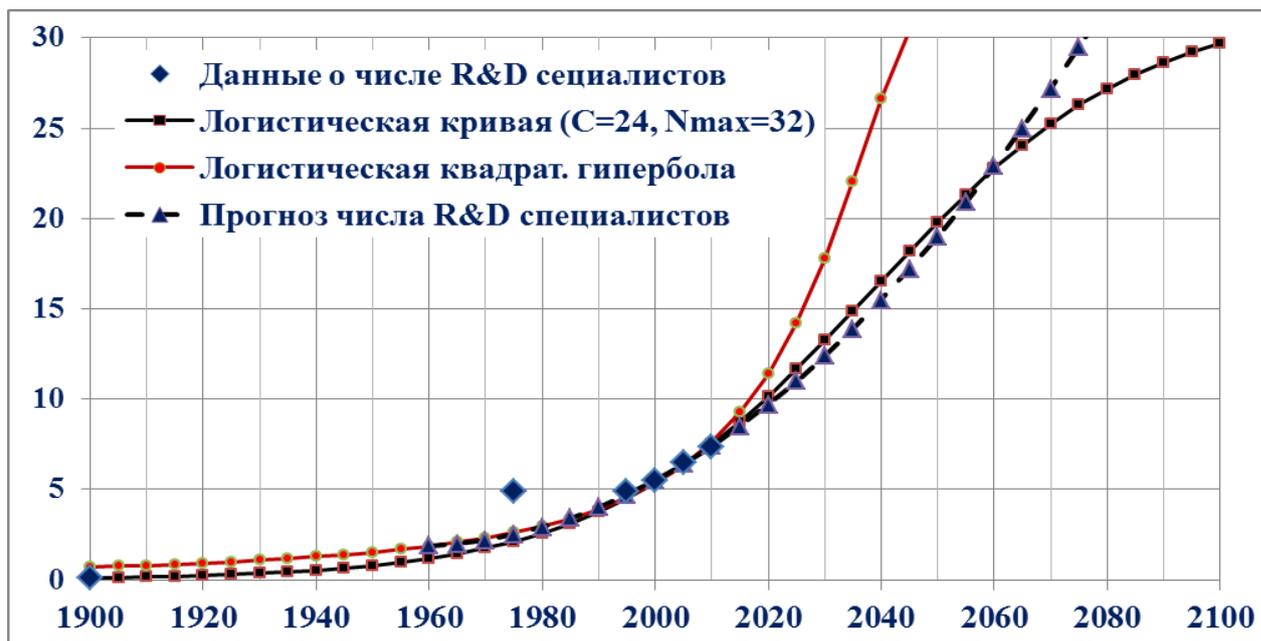


Рис. 4. Различных модели численности R&D специалистов в мире

5. Рост числа ученых и мирового валового продукта

Возникает вопрос: почему до демографического перехода рост числа R&D специалистов, как нам представляется, соответствовал квадратичной гиперболе, а в последнее время ближе к логистической зависимости?

Отметим, что рост мирового ВВП за последнее тысячелетие согласно работам А.В. Коротаева и Д.А. Халтуриной³¹ примерно соответствовал квадрату численности человечества, а с учетом уравнения (2) Х. Форстера³² величина ВВП по ППС (в трлн. долл. 1990 г.) описывается квадратичной гиперболой. На рис. 5 дано сравнение значений ВВП по ППС согласно работе А. Maddison³³ в период 1400 – 2000 г. с квадратичной гиперболой типа (17), из которой видно, что они достаточно хорошо согласуются.

$$G=0,12 + 28000/(2020 - T)^2 \quad (17)$$

³¹ Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Отв. Ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. – М., «Либроком», 2010. – 50 с.

³² Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

³³ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD.GCDC, 2010.

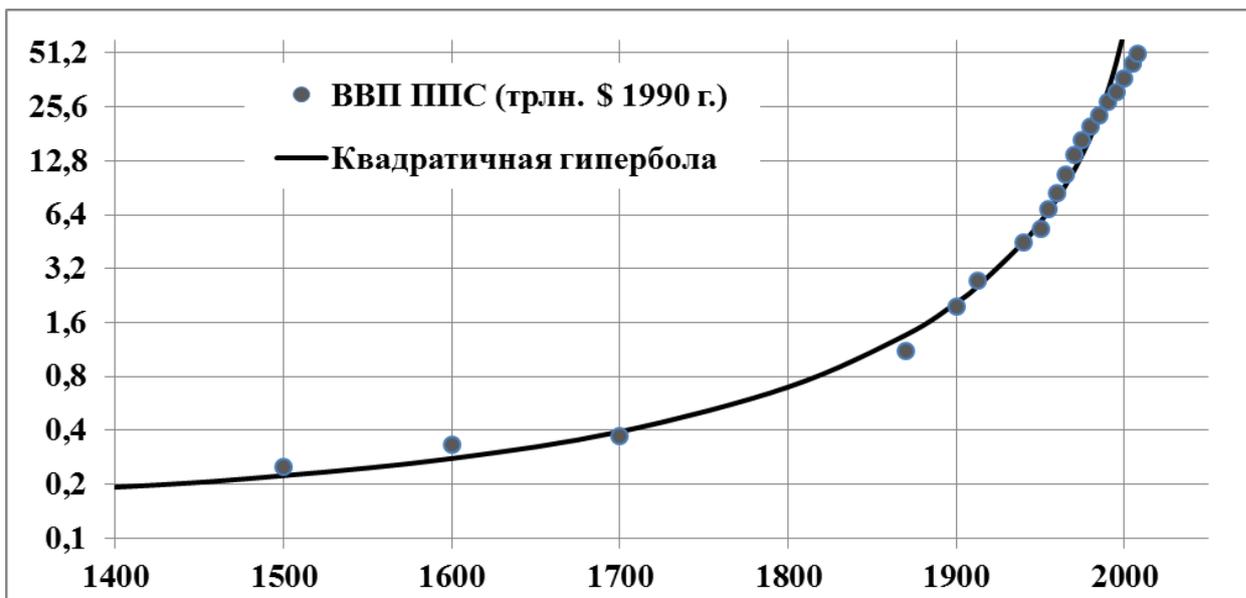
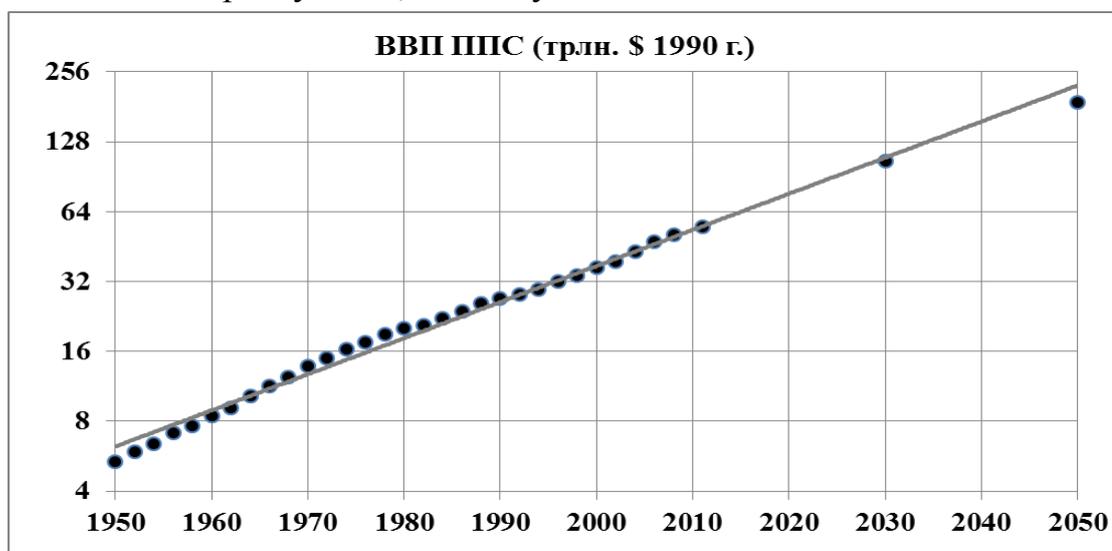


Рис. 5. Квадратичная гиперболола, как модель роста мирового ВВП

Однако с приближением к 2000 году реальный рост ВВП начинает отставать от квадратичной гиперболы (17), что естественно, поскольку она имеет сингулярность в 2020 году. В этот период зависимость роста ВВП³⁴ от времени становится примерно экспоненциальной, как видно из рис. 6. Прогноз величины ВВП по ППС в 2030 и 2050 годах здесь дан согласно работе³⁵.

Таким образом, можно утверждать, что число ученых (N_S) примерно пропорционально мировому ВВП ($N_S \sim G$). Это вполне логично, поскольку ясно, что численность R&D специалистов существенно зависит от возможностей финансирования научной деятельности. С другой стороны увеличение числа R&D специалистов ведет к увеличению объема знаний и соответственно к росту ВВП, поэтому эти две величины взаимозависимы.



³⁴ Там же.

³⁵ Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.

Рис. 6. Квадратичная гипербола, как модель роста мирового ВВП

Соотношение числа ученых в мире и мирового ВВП (N_s/G) в период 1995 – 2010 годы представлено на рис. 7, 8. Видно, что они растут примерно с одним темпом, однако наблюдается тенденция к уменьшению числа ученых на миллиард долларов ВВП, особенно в начальный период, в связи с резким уменьшением числа ученых в СССР и странах Восточной Европы.

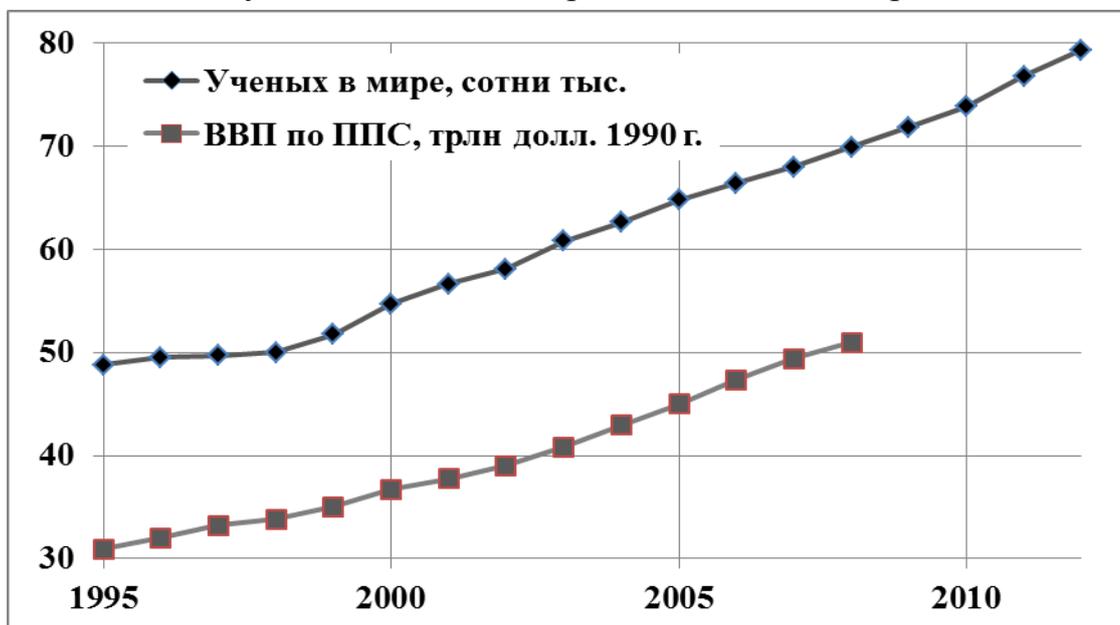


Рис.7. Рост числа ученых и ВВП в мире

Интересно, что в этот период быстро рос ВВП на душу населения в мире. Если представить данные о величине N_s/G в зависимости от ВВП на душу населения (G/N), то можно увидеть (рис. 9) довольно парадоксальную зависимость – число ученых падает с ростом ВВП на душу населения, хотя, как правило, более богатые страны способны уделять больше внимания науке.

Вероятно, это связано с тем, что в этот локальный период ВВП рос весьма быстро, а рост числа ученых или отставал от роста ВВП в одних странах (развивающихся) или их и так уже было много, в других (развитых).



Рис. 8. Число ученых на миллиард долларов (N_S/G) в мире



Рис. 9. Отношение N_S/G в зависимости от G/N (долл. 1990 г.)

Также оказывали влияние на динамику числа ученых конкурентные стратегии развития науки в разных странах. Для оценки этих факторов на рис. 10 приведено отношение N_S/G в различных странах, в зависимости от ВВП на душу населения (здесь ВВП по ППС в долл. 1990 г.).

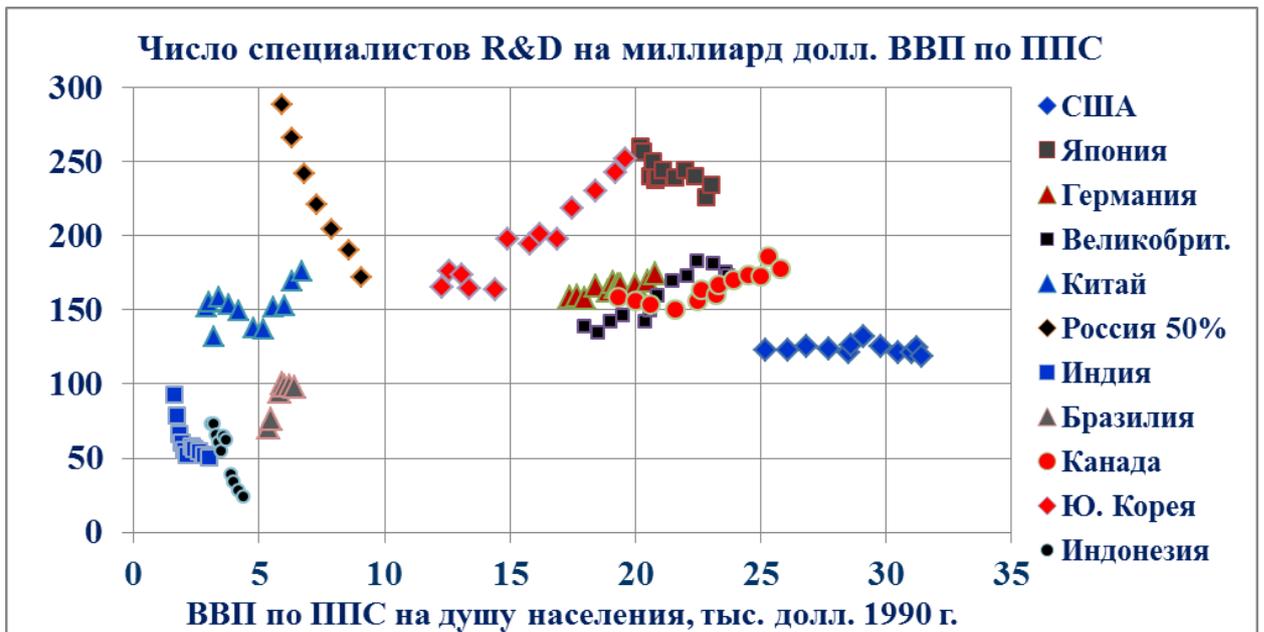


Рис. 10. Зависимость N_S/G от G/N в различных странах

Видно, что число N_S/G в США остается на стабильном уровне около 120 чел. на млрд долл., чего достаточно для сохранения мирового научного лидерства. В Китае также N_S/G остается примерно постоянным на уровне 150 – 160. Германия, Великобритания и Канада поддерживают это отношение на уровне 170, несмотря на заметный рост ВВП на душу населения. Резко снизилось число R&D специалистов в России, но оно все равно значительно больше, чем в других странах. Падает число N_S/G в Индии и Индонезии, хотя ВВП на душу населения в этих странах наиболее низкий. Несколько снизилось N_S/G в Японии. И только Южная Корея демонстрирует значительный рост данного параметра, который уже превышает уровень США почти вдвое.

Таким образом, видно, что динамика числа R&D специалистов в разных странах имеет ситуативный характер и относительно мало зависит от ВВП на душу населения. Доминирующим параметром является рост ВВП по ППС.

Литература

1. Badinger, H., Tondl, G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper Nr. 42, January 2002, P. 15.
2. Education at a Glance 2013: OECD Indicators. <http://www.oecd.org/edu>
3. Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

4. General Information – About the Library (Library of Congress). 2012.
<http://www.loc.gov/about/general-information>
5. Hall R. E., Jones C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?; Caselli F. Accounting for Cross-Country Income Differences // CEP Discussion Paper. 2005. № 667.
6. Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. 2013.
7. Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD.GCDC, 2010.
8. Orekhov V. New approach to assessing contribution of science and education to welfare of countries. Educational Researcher, 2016, Vol 45, No 9, “American Educational Research Association”. – Pages 625-635.
9. Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. P. 1.
10. Shultz T. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. — N.Y., 1968, vol. 6.
11. Анисимов В.А. О законе возрастания сложности.
www.yugzone.ru/articles/438, 2006.
12. Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
13. Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. – 2000. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>
14. Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 49.
15. Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. – Новосибирск, 2013.
16. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. – М., 2005.
http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html
17. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации?: Моногр. – Воронеж, 2005.
18. Логистическое уравнение. Википедия. 2016. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
19. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания: Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с.
20. Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл».
<http://biofile.ru/his/2038.html>

21. Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Отв. Ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. – М., «Либроком», 2010. – 50 с.
22. Советский энциклопедический словарь. – М., 1987.
23. СССР в цифрах в 1975 году. – М., 1976.
24. Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – №7.
25. Цит. по: Сегодня в мире 153 миллиона студентов. – Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009. <http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>
26. Численность студентов в разных странах мира. – Федеральный портал Proton.ru. <http://www.protown.ru/information/hidden/3542.html>